

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Control method for converter station of HV DC transmission network

Patent Number: DE19544777
Publication date: 1996-12-05
Inventor(s): KARLECIK-MAIER FRANZ DIPL ING (DE)
Applicant(s): SIEMENS AG (DE)
Requested Patent: DE19544777
Application Number: DE19951044777 19951130
Priority Number(s): DE19951044777 19951130
IPC Classification: H02J3/36
EC Classification: H02J3/36
Equivalents: AU1765797, AU702779, CA2238970, EP0864192 (WO9720373), A3, NO982451, WO9720373

Abstract

A process and device are disclosed for regulating n power converter stations of a multipoint high-voltage direct current transmission network (2), wherein each station regulation (6) generates a control signal by means of a coordinated vector regulation. The extinction angle nominal value (γ_o) of a power converter station (4) operated in the "alternating converter" mode results from the sum of a minimal extinction angle nominal value (γ_{omin}) and of a generated extinction angle additional nominal value (γ_{oadd}). The extinction angle additional set value (γ_{oadd}) is proportional to a sensed power regulation differential value (dP) as soon as a negative or positive power regulation differential threshold value (dPu , dPo) is not reached or is exceeded. A multiterminal high-voltage direct current transmission regulation system is thus obtained which has a simple structure and a decentralised design, dispensing with an overriding master regulator and costly telecommunications installations.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: Mp-Ni. 01/580

SERIAL NO: _____

APPLICANT: R. Datta et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 195 44 777 C 1

51 Int. Cl.⁸:
H 02 J 3/36

21 Aktenzeichen: 195 44 777.8-32
22 Anmeldetag: 30. 11. 95
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 12. 96

DE 195 44 777 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

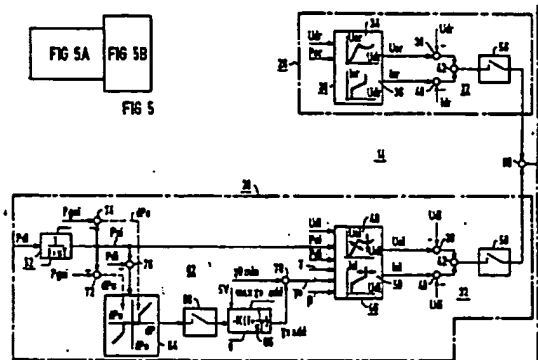
73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Karlecik-Maier, Franz, Dipl.-Ing., 91315 Höchstadt,
DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 44 20 600 C1
POVH, D.u.a.: »Regelungskonzept für eine
Multiterminal-Hochspannungs-Gleichstrom-
Übertragung« in: Tagungsband East West Energy
Bridge, International Conference, Warschau,
24.-25.10.1995;

64 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung von Stromrichterstationen eines HGÜ-Mehrpunktnetzes

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung von n Stromrichterstationen eines HGÜ-Mehrpunktnetzes (2), wobei jede Stations-Regelung (6) ein Stuersignal mittels einer koordinierten Vektorregelung generiert. Erfindungsgemäß wird der Löschwinkel-Sollwert (γ_0) einer in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebenen Stromrichterstation (4) als Summe eines minimalen Löschwinkel-Sollwertes (γ_{0min}) und eines erzeugten Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (γ_{0add}) bestimmt, wobei der Löschwinkel-Zusatz-Sollwert (γ_{0add}) proportional einem ermittelten Leistungs-Regeldifferenzwert (dP) ist, sobald ein negativer oder positiver Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert (dP_u , dP_o) unter- oder überschritten wird. Somit erhält man ein Regelungskonzept für eine Multiterminal-Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, die einfach strukturiert und dezentral ausgebildet ist, wodurch auf einen übergeordneten Masterregler und eine kostspielige Telekommunikation verzichtet werden kann.



DE 195 44 777 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung von n Stromrichterstationen eines HGÜ-Mehrpunktnetzes.

Es ist ein "Regelungskonzept für eine Multiterminal-Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung" (Tagungsband East West Energy Bridge, International Conference, Warschau, 24.-25.10.1995) bekannt, die aus einem übergeordneten Masterregler und den stationseigenen Regelfunktionen besteht. Das Multiterminal-System besteht aus insgesamt fünf bipolaren Stromrichterstationen, die durch zwei parallele Gleichstrom-Freileitungen pro Pol verbunden sind. Die Hauptaufgabe der übergeordneten Regelung besteht in der Koordination der Leistungs- und Strom-Sollwerte für den stationären Betriebspunkt. Beim Ausfall einer Stromrichterstation soll das System stabil bleiben, auch wenn die Kommunikation zwischen dem Masterregler und den Stromrichterstationen zeitweilig unterbrochen ist. Diese übergeordnete Regelung summiert die Leistungs-Sollwerte auf. Sollte diese Summe ungleich Null sein, so wird der Fehler entsprechend von Gewichtungskoeffizienten auf die verschiedenen Stromrichterstationen aufgeteilt. Die Koeffizienten sind frei wählbar, wobei ihre Summe gleich Eins sein muß. Aus den so ermittelten Leistungs-Sollwerten werden die Strom-Sollwerte für die einzelnen Stromrichterstationen ermittelt, indem die Leistungs-Sollwerte durch den Gleichspannungs-Istwert der jeweiligen Station dividiert wird. Da die Leistungsverluste in der Regel nicht genau vorausberechnet werden können und deshalb bei der Bestimmung der Leistungs-Sollwerte nicht berücksichtigt wurden, werden die Strom-Sollwerte nach dem Dividieren in der Regel in der Summe nicht Null ergeben. Ähnlich wie bei der Ermittlung der Leistungs-Sollwerte werden deshalb die Strom-Sollwerte über eine Regelschleife justiert, so daß die Stromsumme aller Gleich- und Wechselrichter Null ist. Die Gewichtungsfaktoren werden so eingestellt, daß die Summe Eins ist.

Die Stationsregelung, wie sie in jeder Stromrichterstation vorhanden ist, besteht aus zwei Stromregelpfaden und zwei Spannungsregelpfaden sowie einem Minimalstromregler. Die momentan aktive Regeldifferenz wird über eine Kombination aus Minimal- und Maximalausfallblöcken ermittelt. Bei diesem Regelungskonzept darf nur eine Stromrichterstation spannungsbestimmend sein, d. h., nur ein Gleichrichter oder ein Wechselrichter arbeitet in diesem Betriebszustand. Welcher Stromrichter dafür am besten geeignet ist, hängt von der speziellen Systemkonfiguration ab. Bei den im Arbeitspunkt stromgeregelten Wechselrichtern stehen zwei Kennlinien-Alternativen zur Verfügung. Zum einen kann bei Systemstörungen mit abgesenkter Gleichspannung mit Konstantspannungsregelung am Wechselrichter gearbeitet werden. Die zweite Alternative arbeitet mit einem Stromregler. Bei dieser Alternative wird der Strom-Sollwert im Bereich abgesenkter Gleichspannung über eine VDCOL-Funktion (Voltage Dependent Current Order Limit) abgesenkt. Welche der beiden Möglichkeiten günstiger ist, muß durch Simulationsrechnung für eine spezielle Systemkonfiguration ermittelt werden. Bei dem vorgestellten Multiterminal-System wird die spannungsbestimmende Funktion von einer Stromrichterstation, die als Gleichrichter betrieben wird, wahrgenommen. Alle anderen Stationen werden im stationären Arbeitspunkt stromgeregelt betrieben. Die beiden Wechselrichterstationen arbeiten im

Bereich abgesenkter Gleichspannung stromgeregelt mit einer VDCOL-Funktion.

Bei diesem bekannten Regelungskonzept für eine Multiterminal-HGÜ, bestehend aus fünf Stromrichterstationen, kann nicht vorausgesagt werden, wie die Regelung einer n-ten Stromrichterstation aussehen wird, wenn n Stromrichterstationen in einem Gleichstrom-System miteinander arbeiten sollen. Außerdem ist das Regelungskonzept sehr aufwendig aufgebaut und benötigt jeweils zwischen dem übergeordneten Masterregler und einer stationseigenen Regelung eine Telekommunikation. Über diese kostspielige Telekommunikation werden Soll- und Istwerte ausgetauscht. Ferner weisen die stationseigenen Regelungen jeweils mehrere Regelungsarten auf, wobei mittels einer Regler-Ablösung eine entsprechende Regelart ausgewählt wird.

Die Regler-Ablösung, die übergeordnete Regelung und die Telekommunikation verschlechtern das dynamische Verhalten des gesamten Gleichstrom-Systems der Multiterminal-HGÜ und können auch die Stabilität der angeschlossenen Drehstrom-Systeme beeinträchtigen.

Aus der DE 44 20 600 C1 ist eine koordinierte Vektorregelung für eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Anlage bekannt. Bei dieser koordinierten Vektorregelung wird für die in der Betriebsart "Gleichrichter" betriebene Stromrichterstation in Abhängigkeit einer zu übertragenden Leistung und eines gemessenen Gleichspannungs-Istwertes ein Sollwertepaar für Strom und Spannung generiert und mit einem ermittelten Istwertepaar für Strom und Spannung verglichen. Die erzeugten Regelabweichungen werden aufsummiert. Aus diesem Summensignal wird ein Signal derart generiert, daß die Summe der Regelabweichung Null wird. Für die in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebene Stromrichterstation wird in Abhängigkeit der zu übertragenden Leistung und eines Löschwinkel-Sollwertes ein Sollwertepaar für Strom und Spannung generiert, das mit einem ermittelten Istwertepaar verglichen wird. Die Regelabweichungen werden voneinander subtrahiert. Aus diesem Differenzsignal wird ein Steuersignal derart generiert, daß die Differenz der Regelabweichungen Null wird. Dieses koordinierte Vektor-Regelverfahren weist Sollwertepaare für Strom und Spannung auf, die sowohl die Ziele des Wechselrichters als auch die Ziele des Gleichrichters berücksichtigen.

Das Sollwertepaar des Wechselrichters ist also so bestimmt, daß es den Löschwinkel regelt und gleichzeitig die Leistung einhält, die vom Gleichrichter zur Verfügung gestellt wird. Die erzeugte Regelcharakteristik des Wechselrichters entspricht dabei der Charakteristik eines Widerstandsreglers mit einer positiven Steigung. Die Charakteristik der Regelung für den Gleichrichter nach dem Vektor-Regelverfahren ist für ein Sollwertepaar im Nennpunkt die Tangente zur zugehörigen Leistungs-Hyperbel der Soll-Leistung. Dadurch ergibt sich, daß die Vektorregelung vom Prinzip her Spannungsveränderungen am Wechselrichter toleriert, wenn die verursachten Leistungsänderungen auf der Tangente liegen. Durch diese Ausbildung der beiden Kennlinien ist ein stabiler Arbeitspunkt gegeben.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung von n Stromrichterstationen eines HGÜ-Mehrpunktnetzes anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 6 gelöst.

Dadurch, daß jede Stromrichterstation eines HGÜ-Mehrpunktnetzes mit einer koordinierten Vektorrege-

lung versehen ist, wobei die Regleranordnung für den Wechselrichter um eine Einrichtung zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes erweitert ist, können trotz Veränderungen im Gleichstrom-System und/oder in den zugehörigen Drehstromnetzen stabile Arbeitspunkte dezentral in jeder Station eingestellt werden. Zur Ermittlung des Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes wird eine ermittelte Leistungs-Regeldifferenz verwendet. Durch diese Kombination der bekannten koordinierten Vektorregelung und der zusätzlichen Bestimmung des Löschwinkel-Sollwertes in Abhängigkeit von einer Leistungs-Regeldifferenz kann ein konstanter Lastfluß im Gleichstrom-System aufrechterhalten werden. Da dieses Verfahren dezentral arbeitet, wird kein übergeordnet er Masterregler und keine Telekommunikation mehr benötigt, wodurch sich der Aufwand dieses Regelungskonzeptes gegenüber dem eingangs erwähnten Regelungskonzept vereinfacht und sich die Dynamik verbessert.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den Unteransprüchen 2 bis 5 und vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen 7 bis 15 zu entnehmen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der eine vorteilhafte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch veranschaulicht ist.

Fig. 1 zeigt ein HGÜ-Mehrpunktnetz mit n Stromrichterstationen, die

Fig. 2 zeigt ein Diagramm der Arbeitskennlinien eines HGÜ-Mehrpunktnetzes mit drei Gleichrichter- und Wechselrichterstationen, die

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer bekannten koordinierten Vektorregelung für eine verlustbehaftete Gleichstrom-Leitung, in

Fig. 4 ist ein zugehöriges Diagramm der Arbeitskennlinien veranschaulicht, die

Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens für eine Station des HGÜ-Mehrpunktnetzes und in

Fig. 6 ist ein zugehöriges Diagramm der Arbeitskennlinien dargestellt.

Die Fig. 1 zeigt ein Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Mehrpunktnetz 2 mit n Stromrichterstationen 4, von denen r als Gleichrichter und i als Wechselrichter betrieben werden. Jede Stromrichterstation 4 ist mit einer eigenen Stations-Regelung 6 versehen. Außerdem ist jede Stromrichterstation 4 über einen Stromrichtertransformator 8 mit einer zugehörigen Stufen-schalter-Regelung 10 mit einem Drehstromnetz 12 elektrisch leitend verbunden. Das HGÜ-Mehrpunktnetz 2, auch als allgemeines Gleichstrom-System bezeichnet, weist eine beliebige Topologie auf, d. h., die n Stromrichterstationen 4 sind beliebig miteinander verbunden. Der normale Spannungs-Arbeitsbereich dieses Mehrpunktnetzes 2 bewegt sich zwischen 0,8 und 1,2 pu. Die gesamte Gleichrichterleistung soll 1 pu sein und die gesamte Wechselrichterleistung ist dann 1 pu minus Verluste. In der Fig. 2 ist ein Diagramm für die Arbeitskennlinien eines HGÜ-Mehrpunktnetzes 2 dargestellt, wobei wegen der Übersichtlichkeit nur für sechs Stromrichterstationen 4, von denen drei als Gleichrichter und drei als Wechselrichter betrieben werden, die Arbeitskennlinien dargestellt sind. Bei diesem allgemeinen Gleichstrom-System 2 lassen sich an allen Stromrichterstationen 4 in der Betriebsart "Wechselrichter" die Arbeitspunkte

AW1, AW2 und AW3 einstellen, die von den Trafostellungen und der koordinierten Vektorregelung 14 (ohne zusätzliche Einrichtung) vorgegeben sind. Das bedeutet, alle diese Stromrichterstationen 4 fahren den Löschwinkel-Sollwert γ_0 von beispielsweise 17° el. bei einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert P_0 . Die Arbeitspunkte AG1, AG2 und AG3 der Stromrichterstationen 4 in der Betriebsart "Gleichrichter" ergeben sich aus der Topologie des Gleichstrom-Systems 2 (Kirschhoffsches Gesetz, Maschengleichung und Energieerhaltungssatz) automatisch, was jeweils einem vorgegebenen Leistungs-Sollwert P_{or} entspricht. In der Fig. 2 sind die Leistungs-Hyperbeln der als Gleichrichter betriebenen Stromrichterstationen 4 jeweils als durchgezogene Linien und die der als Wechselrichter betriebenen Stromrichterstation 4 jeweils als unterbrochene Linien dargestellt. Die Widerstands-Charakteristik der als Wechselrichter betriebenen Stromrichterstationen 4 sind als Geraden dargestellt, deren Schnittpunkte mit den zugehörigen Leistungs-Hyperbeln die Arbeitspunkte AW1, AW2 und AW3 ergeben.

Die Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer bekannten koordinierten Vektorregelung 14 für eine verlustbehaftete Gleichstrom-Leitung 16 einer Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Anlage 18, mit deren Hilfe zwei Wechselspannungsnetze 20 und 22 miteinander verbunden sind. Diese HGÜ-Anlage 18 umfaßt zwei Stromrichterstationen 4, die als Gleich- und Wechselrichter betrieben werden. Diese beiden Stromrichterstationen 4 sind gleichstromseitig mittels der Gleichstromleitung 16 miteinander verbunden.

Die HGÜ-Anlage 18 umfaßt des weiteren nicht näher bezeichnete Meßfühler zur Aufnahme von Strom- und Spannungswerten Idr, Idi bzw. Udr, Udi. Den Stromrichterstationen 4 sind jeweils eine Steuereinrichtung 24 zur Ansteuerung ihrer Ventile oder Halbleiter vorgeschaltet.

Jede Steuereinrichtung 24 erhält ein Steuersignal, das von einer ersten bzw. zweiten Regelanordnung 26 bzw. 28 erzeugt wird. Die erste Regelanordnung 26 umfaßt im wesentlichen einen ersten Sollwertgeber 30 und eine erste Vektorregleranordnung 32. Dieser Sollwertgeber 30 erhält als Eingangs-Signal einen Leistungs-Sollwert P_{or} einer vorgegebenen zu übertragenden Leistung und einen Gleichspannungs-Istwert Udr. Aus diesen Werten P_{or} und Udr wird mittels des Sollwertgebers 30 ein Sollwertepaar Ior und Uor für Strom und Spannung der Stromrichterstation 4 ermittelt. Der Sollwertgeber 30 weist zwei Kennliniengeber 34 und 36 auf. Die für den Spannungs-Sollwert Uor gewählte Kurve des ersten Kennliniengebers 34 zeigt die VDVC-Charakteristik (Voltage-Dependent-Voltage-Order-Characteristic), wobei am oberen Ende für den Bereich des stationären Betriebs als charakteristisches Merkmal ein bogenförmiger Verlauf vorgesehen ist. Der untere Bereich der Kennlinie ist spannungsbegrenzend ausgebildet. Die Kennlinie des zweiten Kennliniengebers 36 für den Strom-Sollwert Ior weist im wesentlichen eine VDCOL-Charakteristik (Voltage-Dependent-Current-Order-Limitation), d. h. spannungsabhängige Strombegrenzung, auf. Die Vektorregleranordnung 32 weist zwei Vergleichler 38 und 40, einen Addierer 42 und ein Regelglied 44 auf. Das gebildete Sollwertepaar Uor, Ior wird dieser Vektorregleranordnung 32 zugeführt und dort mit einem ermittelten Istwertepaar Udr, Idr mittels der beiden Vergleichler 38 und 40 verglichen. Die gebildeten Regelabweichungen für Strom und Spannung werden mittels des Addierers 42 aufsummiert. Dieses Summen-

signal wird dem Regelglied 44 zugeführt, an dessen Ausgang das Steuersignal für die Steuereinrichtung 24 der als Gleichrichter betriebenen Stromrichterstation 4 ansteht. Mittels diesem Steuersignal wird die Summe der Pegelabweichungen für Strom und Spannung zu Null geregelt.

Die zweite Regelanordnung 28 ist analog zu dem der Regelanordnung 26. Eine weitere Beschreibung der zweiten Regelanordnung 28 erübrigt sich daher. Unterschiede liegen in der Anzahl der dem Sollwertgeber 46 zugeführten Werte, den Kennlinien der beiden Kennlinienggeber 48 und 50 und einer Einrichtung 52 zur Ermittlung eines Leistungs-Sollwertes P_{oi} . Aufgrund der Varianz der Eingangsgrößen (Spannungs-Istwert U_{di} , Leistungs-Istwert P_{di} , Leistungs-Sollwert P_{oi} , Löschwinkel-Sollwert γ_o , Löschwinkel-Istwert γ , Steuersignal β) muß die Kennlinie, insbesondere die VDVO-Charakteristik, des Kennlinienggebers 48 in seiner Höhe im Endbereich und in seiner Neigung vorgebar sein. Auch die VDCOL-Charakteristik des Kennlinienggebers 50 ist einstellbar. Wesentlich für den zweiten Sollwertgeber 46 ist, daß auch ein Löschwinkel-Sollwert γ_o vorgegeben ist, der einzuhalten ist. Das erzeugte Sollwertepaar U_{oi} , I_{oi} wird mittels zweier Vergleicher 38 und 40 mit einem ermittelten Istwertepaar U_{di} , I_{di} verglichen. Die gebildeten Regelabweichungen werden mittels des Addierers 42 voneinander subtrahiert, da der Spannungs-Sollwert U_{oi} des Sollwertepaares U_{oi} , I_{oi} am invertierenden Eingang des Vergleichers 38 ansteht. Das Differenzsignal wird dem nachgeschalteten Regelglied 44 zugeführt, an dessen Ausgang das Steuersignal für die Steuereinrichtung 24 der als Wechselrichter betriebenen Stromrichterstation 4 ansteht. Mittels diesem Steuersignal wird die Differenz der Regelabweichung für Strom und Spannung zu Null geregelt.

Die Einrichtung 52 zur Ermittlung eines Leistungs-Sollwertes P_{oi} weist ein Verzögerungsglied 54 erster Ordnung mit einer oberen und unteren Grenze auf. Dieser Einrichtung 52 wird ein ermittelter Leistungs-Istwert P_{di} und ein oberer und unterer Leistungs-Grenzwert P_{goi} und P_{gui} zugeführt. Der obere Leistungs-Grenzwert P_{goi} ist gleich der Differenz des Leistungs-Sollwertes P_{or} einer zu übertragenden Leistung der als Gleichrichter betriebenen Stromrichterstation 4 und einer minimalen Verlustleistung P_{vmin} , wogegen der untere Leistungs-Grenzwert P_{gui} gleich einer Differenz des Leistungs-Sollwertes P_{or} und einer maximalen Verlustleistung P_{vmax} ist.

In der Fig. 4 sind in einem Diagramm die Arbeitskennlinien GR und WR einer in der Fig. 3 gezeigten koordinierten Vektorregelung 14 einer HGÜ-Anlage 18 veranschaulicht. Die Kennlinie GR, die sich aus den Abschnitten hl, lm, mn und no zusammensetzt, veranschaulicht die Gleichrichter-Charakteristik, wobei der Abschnitt hl die Leistungs-Hyperbel im normalen Arbeitsbereich, der Abschnitt lm die Maximal-Strom-Begrenzung, der Abschnitt mn den Bereich der spannungsabhängigen Begrenzung und der Abschnitt no den Minimal-Strom veranschaulicht. Die Kennlinie WR veranschaulicht die Wechselrichter-Charakteristik. Da die Gleichstrom-Leitung 16 nicht verlustlos ist, ist die Leistungs-Hyperbel für die als Wechselrichter betriebene Stromrichterstation 4 nicht deckungsgleich mit der Leistungs-Hyperbel der als Gleichrichter betriebenen Stromrichterstation 4. Da jeder Punkt der Kennlinie WR mittels eines Strom- und Spannungs-Sollwertes bestimmt wird, wird die Wechselrichter-Charakteristik auch als Widerstandsregelung bezeichnet, die eine kom-

binierete Strom-Spannungsregelung darstellt. Die Strichpunkt-Linie entspricht einem Löschwinkel-Sollwert γ_o .

Die Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild mit einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung von n Stromrichterstationen 4 eines HGÜ-Mehrpunktnetzes 2. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist nur eine erfindungsgemäße koordinierte Vektorregelung 14 für eine Stromrichterstation 4 des HGÜ-Mehrpunktnetzes 2 veranschaulicht. Da die Stromrichteranlage 4 als Gleichrichter oder als Wechselrichter betrieben werden kann, enthält die Stations-Regelung 6 eine erste und eine zweite Regelanordnung 26 und 28. Da das Regelglied 44 in beiden Regelanordnungen 26 und 28 vorkommt, kann bei dieser Stations-Regelung 6 auf ein Regelglied 44 verzichtet werden. Dafür werden den Ausgängen der Addierer 42 der beiden Regelanordnungen 26 und 28 jeweils ein Schalter 56 und 58 nachgeschaltet, deren Ausgänge mittels eines Addierers 60 mit dem Regelglied 44 verknüpft sind.

Die Regelanordnung 28 ist um eine Einrichtung 62 zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes γ_{oadd} erweitert. Diese Einrichtung 62 weist einseitig ein Totzonenglied 64 und ausgangseitig einen PI-Regler 66 auf. Da nur bei normalen Betriebswerten der Gleichspannung des Mehrpunktnetzes 2 ein ermittelter Löschwinkel-Zusatz-Sollwert γ_{oadd} verändert werden soll, ist zwischen Totzonenglied 64 und dem PI-Regler 66 ein Schalter 68 angeordnet. Dieser Schalter 68 ist geschlossen, solange der Gleichspannungs-Istwert U_{di} größer als ein vorbestimmter Grenzwert ist. Während eines Fehlers, verbunden mit starken Spannungseinbrüchen, kann der Löschwinkel-Zusatz-Sollwert γ_{oadd} unverändert bleiben (Schalter 68 ist geöffnet) oder auf Null gesetzt werden. Dazu wird dem PI-Regler 66 ein Null-Signal SV aufgeschaltet. Das Totzonenglied 64 weist einen positiven und einen negativen Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert dPo und dPu auf. Zwischen diesen beiden Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwerten dPo und dPu bleibt der Ausgangswert des Totzonengliedes 64 unabhängig vom Eingangssignal dPo Null.

Sobald der Wert des Eingangssignals dP , nämlich eine ermittelte Leistungs-Regeldifferenz dP , größer oder kleiner als der positive oder negative Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert dPo oder dPu wird, ist der Ausgangswert des Totzonengliedes 64 verschieden von Null. Dieser Ausgangswert wird dem PI-Regler 66 zugeführt, an dessen Ausgang ein Löschwinkel-Zusatz-Sollwert γ_{oadd} ansteht. Damit der Löschwinkel γ_o für den Sollwertgeber 46 nur innerhalb eines vorbestimmten Bereiches verändert werden kann, ist der PI-Regler 66 mit einem unteren Grenzwert Null und einem oberen Grenzwert $\max\gamma_{oadd}$ versehen. Der Löschwinkel-Sollwert γ_o setzt sich aus einem minimalen Löschwinkel-Sollwert γ_{omin} und dem ermittelten Löschwinkel-Zusatz-Sollwert γ_{oadd} zusammen, wobei ein Addierer 70 vorgesehen ist. Die Grenzen dPu und dPo der Totzone des Totzonengliedes 64 werden jeweils mittels eines Vergleichers 72 und 74 ermittelt, wobei am invertierenden Eingang des Vergleichers 72 ein unterer Leistungs-Grenzwert P_{gui} und am nichtinvertierenden Eingang ein Leistungs-Sollwert P_{oi} anstehen. Am nichtinvertierenden Eingang des Vergleichers 74 steht ein oberer Leistungs-Grenzwert P_{goi} und am invertierenden Eingang ein Leistungs-Sollwert P_{oi} an. Der Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert dP wird mittels eines weiteren Vergleichers 76 ermittelt, wobei an seinem nichtinvertierenden Eingang ein Leistungs-Sollwert P_{oi} und an

seinem invertierenden Eingang ein Leistungs-Istwert P_{di} anstehen.

In Fig. 6 ist ein Diagramm der Arbeitskennlinien GR und WR des in Fig. 5 vorgestellten Regelungskonzeptes dargestellt. Im Vergleich zum Diagramm gemäß Fig. 4 ist ein neuer Arbeitspunkt NP ermittelt worden, der sich auf derselben Leistungs-Hyperbel der Wechselrichter-Charakteristik befindet. Dieser neue Arbeitspunkt NP stellt sich dezentral an einer Stromrichterstation 4 ein, da sich die Spannung im Gleichspannungs-System 2 erniedrigt hat. Unabhängig von dieser Spannungsänderung ist der Lastfluß unverändert geblieben.

Dieses erfindungsgemäße Regelungskonzept für eine Multiterminal-Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung ist einfach strukturiert, hat die gleiche Struktur für alle Stromrichterstationen 4, ist ein dezentrales Regelungskonzept, wodurch keine kostspielige Telekommunikation benötigt wird und weist eine höhere Dynamik auf, da keine Reglerablösung und kein übergeordneter Masterregler vorhanden sind. Außerdem kann dieses Konzept besser zur Stabilisierung des Gleichspannungs-Systems 2 und der Drehstromsysteme 12 beitragen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung von n Stromrichterstationen (4) eines HGÜ-Mehrpunktnetzes (2),

- wobei für jede in der Betriebsart "Gleichrichter" betriebene Stromrichterstation (4) in Abhängigkeit einer jeweiligen zu übertragenden Leistung (P_{or}) und eines gemessenen Gleichspannungs-Istwertes (U_{dr}) ein Sollwertpaar (U_{or} , I_{or}) für Strom und Spannung der Stromrichterstation (4) generiert wird,
- wobei in Abhängigkeit eines ermittelten Istwertepaares (U_{dr} , I_{dr}) und dieses erzeugten Sollwertepaares (U_{or} , I_{or}) Regelabweichungen für Strom und Spannung ermittelt werden,
- wobei diese Regelabweichungen aufsummiert werden und ein Steuersignal generiert wird, wodurch diese Summe zu Null wird,
- wobei für jede in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebene Stromrichterstation (4) in Abhängigkeit eines jeweils gebildeten Leistungs- und Löschwinkel-Sollwertes (P_{oi} , γ_o) ein Sollwertpaar (U_{oi} , I_{oi}) für Strom und Spannung der Stromrichterstation (4) generiert wird,
- wobei in Abhängigkeit eines ermittelten Istwertepaares (U_{di} , I_{di}) und dieses erzeugten Sollwertepaares (U_{oi} , I_{oi}) Regelabweichungen für Strom und Spannung ermittelt werden,
- wobei diese Regelabweichungen voneinander subtrahiert werden und ein Steuersignal generiert wird, wodurch diese Differenz zu Null wird,
- wobei der Leistungs-Sollwert (P_{oi}) einer in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebenen Stromrichterstation (4) aus seinem ermittelten Leistungs-Istwert (P_{di}) und eines gebildeten oberen und unteren Leistungs-Grenzwertes (P_{goi} , P_{gui}) bestimmt wird,
- wobei der Löschwinkel-Sollwert (γ_o) einer in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebenen Stromrichterstation (4) als Summe eines minimalen Löschwinkel-Sollwertes (γ_{omin}) und eines erzeugten Löschwinkel-Zusatz-Soll-

wertes (γ_{oadd}) bestimmt wird und

— wobei dieser Löschwinkel-Zusatz-Sollwert (γ_{oadd}) proportional einer aus Leistungs-Soll- und Istwert (P_{oi} , P_{di}) ermittelten Leistungs-Regeldifferenz (dP) ist, sobald ein negativer oder positiver Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert (dP_u , dP_o) unter- oder überschritten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Löschwinkel-Zusatz-Sollwert (γ_{oadd}) nur während des Normalbetriebes veränderbar ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Löschwinkel-Zusatz-Sollwert (γ_{oadd}) außerhalb des Normalbetriebes auf Null gesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 3, wobei der negative und positive Leistungs-Regeldifferenz Schwellwert (dP_u , dP_o) veränderbar ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der negative und positive Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert (dP_u , dP_o) in Abhängigkeit eines Leistungs-Sollwertes (P_{or}) einer zu übertragenden Leistung und einer maximalen und minimalen Verlustleistung (P_{vmax} , P_{vmin}) veränderbar ist.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Regelung von n Stromrichterstationen (4) eines HGÜ-Mehrpunktnetzes (2) nach Anspruch 1,

— wobei für jede in der Betriebsart "Gleichrichter" betriebene Stromrichterstation (4) eine Regelanordnung (26) vorgesehen ist, die einen Sollwertgeber (30) mit nachgeschalteter Vektorregleranordnung (32) aufweist,

— wobei dem Sollwertgeber (30) ein Spannungs-Istwert (U_{dr}) und ein Leistungs-Sollwert (P_{or}) einer zu übertragenden Leistung und der Vektorregleranordnung (32) ein ermitteltes Istwertepaar (U_{dr} , I_{dr}) für Strom und Spannung zugeführt sind,

— wobei für jede in der Betriebsart "Wechselrichter" betriebene Stromrichterstation (4) eine Regleranordnung (28) vorgesehen ist, die eine Einrichtung (52) zur Ermittlung eines Leistungs-Sollwertes (P_{oi}), eine Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (γ_{oadd}), einen Sollwertgeber (46) und eine Vektorregleranordnung (32) aufweist,

— wobei der Einrichtung (52) zur Ermittlung eines Leistungs-Sollwertes (P_{oi}) ein ermittelter Leistungs-Istwert (P_{di}) und ein oberer und unterer Leistungs-Grenzwert (P_{goi} , P_{gui}), dem Sollwertgeber (46) ein Leistungs-Soll- und Istwert (P_{oi} , P_{di}), ein Löschwinkel-Soll- und Istwert (γ_o , γ_i), ein Spannungs-Istwert (U_{di}) und ein Steuersignal (β), der Vektorregleranordnung (32) ein ermitteltes Istwertepaar (U_{di} , I_{di}) für Strom und Spannung und der Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (γ_{oadd}) ein Leistungs-Ist- und Sollwert (P_{di} , P_{oi}), ein oberer und unterer Leistungs-Grenzwert (dP_o , dP_u) und ein minimaler Löschwinkelwert (γ_{omin}) zugeführt sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Regelanordnungen (26, 28) jeder Stromrichterstation (4) in Abhängigkeit ihrer Betriebsart zu- oder abschaltbar sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Einrichtung (52) zur Ermittlung eines Leistungs-Sollwertes

(Poi) ein Verzögerungsglied (54) 1.ter Ordnung mit einer oberen und unteren Grenze (Pgoi, Pgui) aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (yoadd) ein Totzonenglied (64) und einen PI-Regler (66) aufweist, wobei an einem Eingang des Totzonengliedes (64) ein ermittelter Leistungs-Regeldifferenz-Schwellwert (dP) und am Ausgang des PI-Reglers (66) der Löschwinkel-Zusatz-Sollwert (yoadd) anstehen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei jeder Sollwertgeber (30, 46) der beiden Regelanordnungen (26, 28) einer jeden Stromrichterstation (4) zwei Kennliniengeber (34, 36; 48, 50) für das Sollwertepaar (Uor, Ior; Uoi, Ioi) für Strom und Spannung aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei jede Vektorregleranordnung (32) der beiden Regelanordnungen (26, 28) einer jeden Stromrichterstation (4) zwei Vergleicher (38, 40), einen Addierer (42) und ein Regelglied (44) aufweist, wobei jeweils ein Ausgang eines Vergleichers (38, 40) mit dem Addierer (42) verknüpft ist, dessen Ausgang mit dem Eingang des Regelgliedes (44) verbunden ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei zwischen dem Totzonenglied (64) und dem PI-Regler (66) der Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (yoadd) ein Schalter (68) vorgesehen ist, der während des Normalbetriebes einer jeden Stromrichterstation (4) geschlossen ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei der PI-Regler (66) der Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (yoadd) einen Setzeingang aufweist, an dem außerhalb des Normalbetriebes einer jeden Stromrichterstation (4) ein Null-Signal (SV) ansteht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei jeder Grenzwert-Eingang des Totzonengliedes (64) der Einrichtung (62) zur Ermittlung eines Löschwinkel-Zusatz-Sollwertes (yoadd) mit einem Ausgang eines Vergleichers (72, 74) verknüpft ist, an deren Eingängen jeweils ein Leistungs-Istwert (Pdi) und ein oberer bzw. unterer Leistungs-Grenzwert (Pgoi, Pgui) anstehen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei als Regelanordnungen (26, 28) einer jeden Stromrichterstation (4) ein Mikroprozessor vorgesehen ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

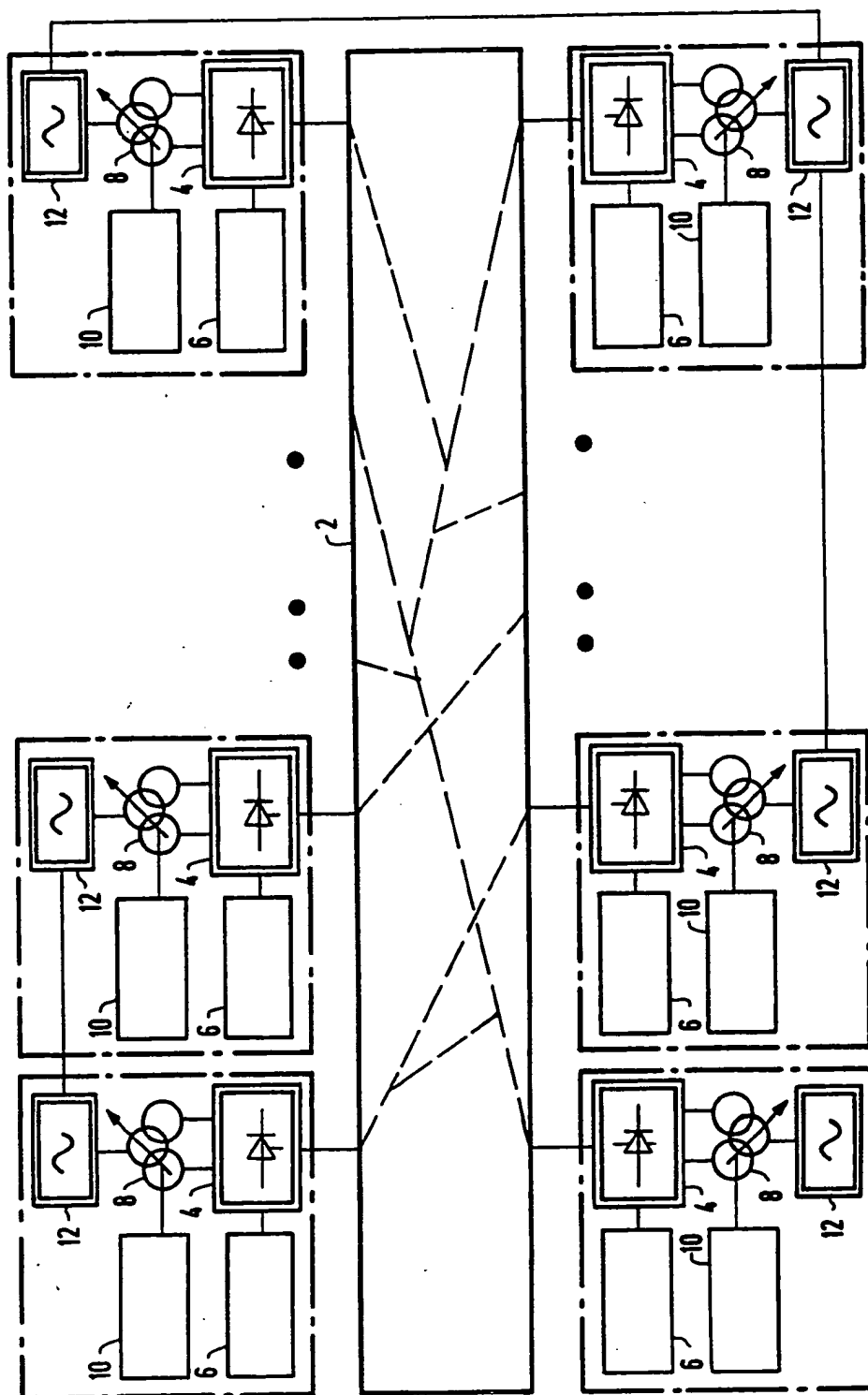


FIG 1

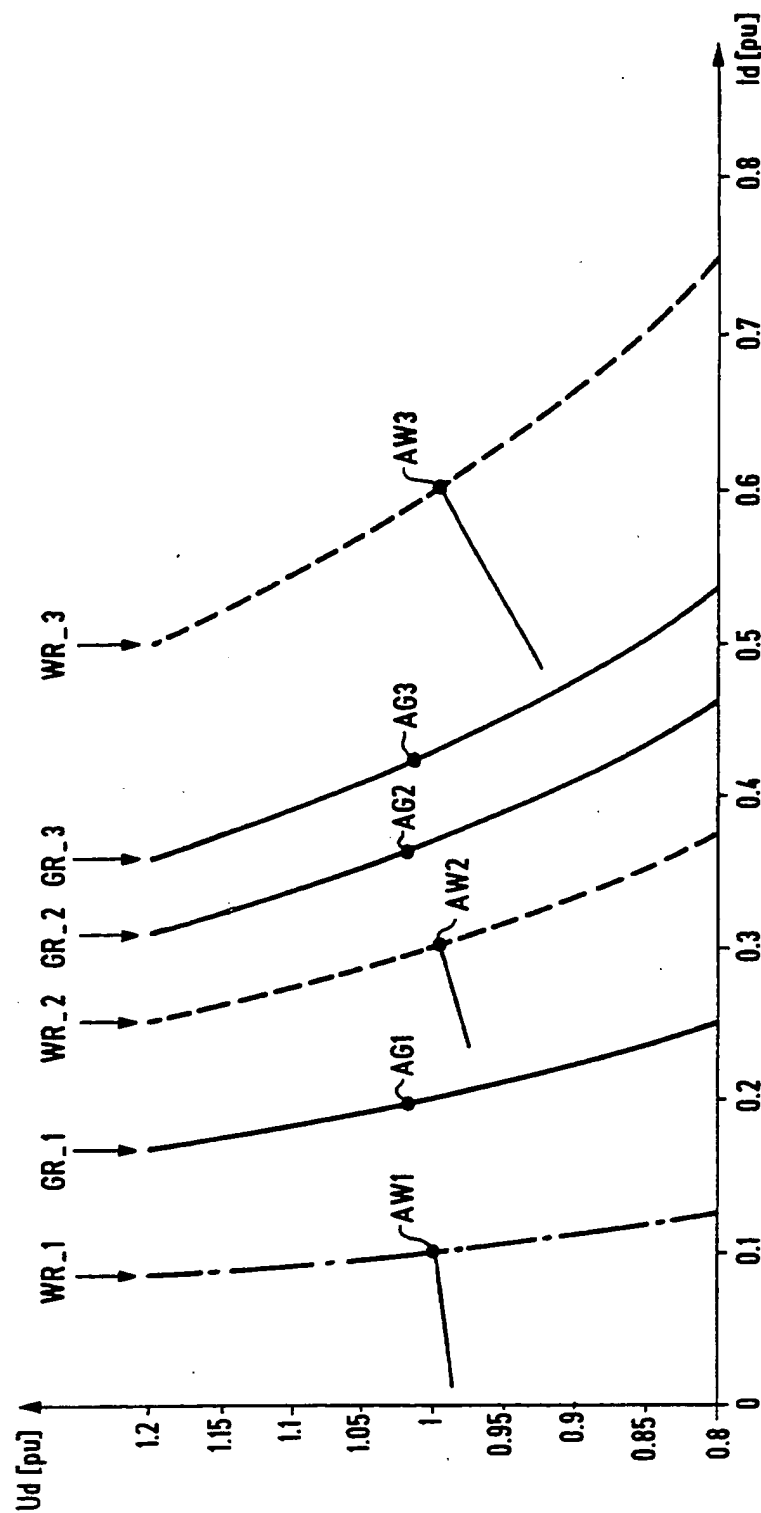
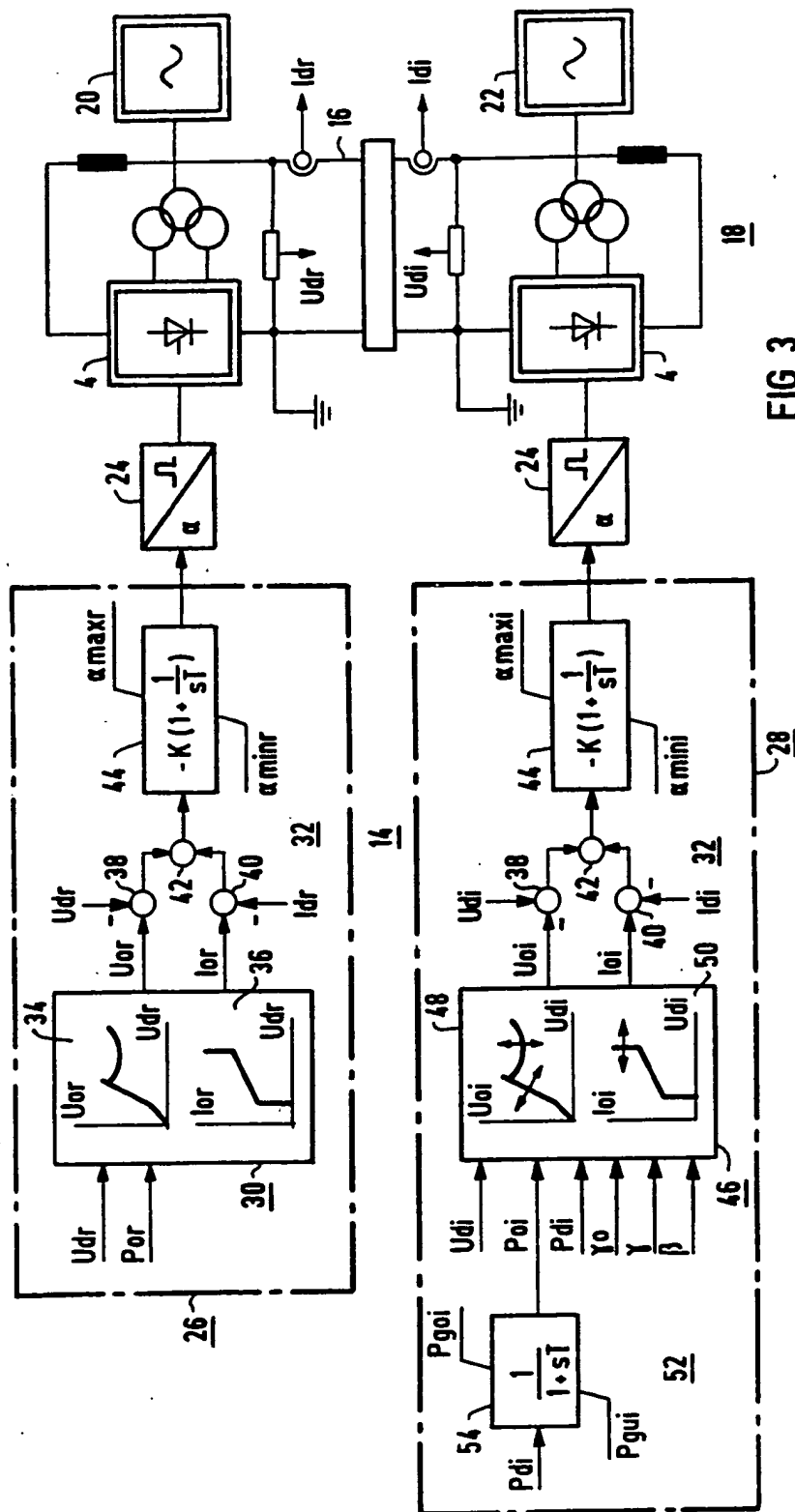


FIG 2



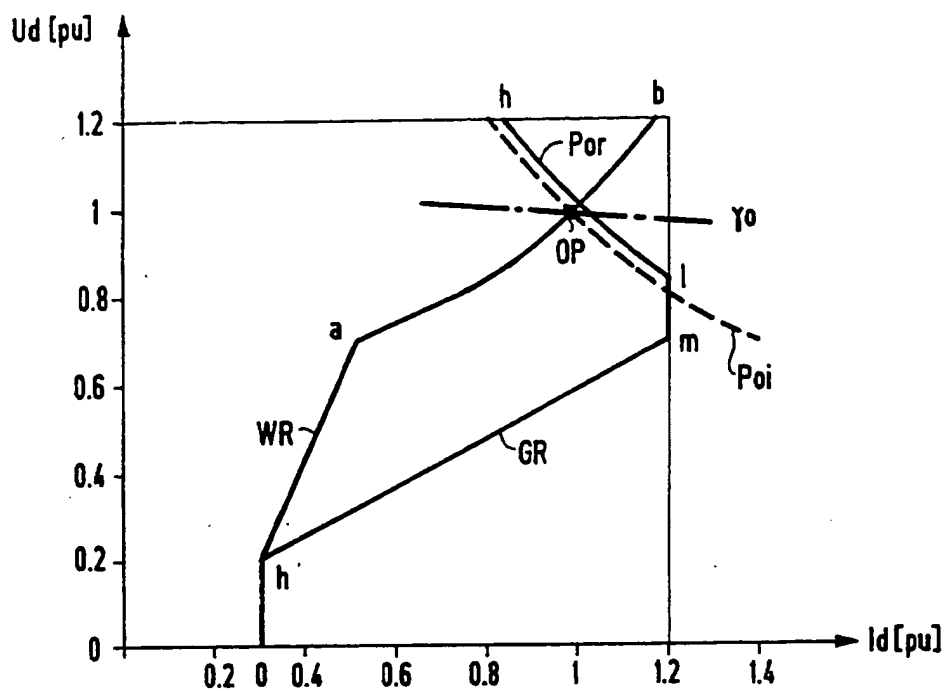


FIG 4

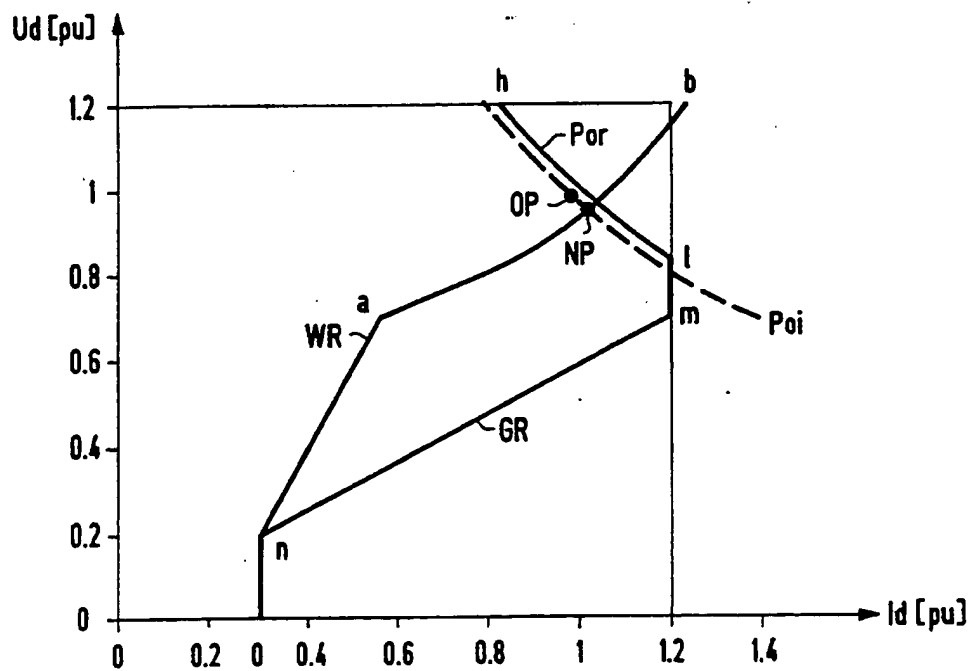
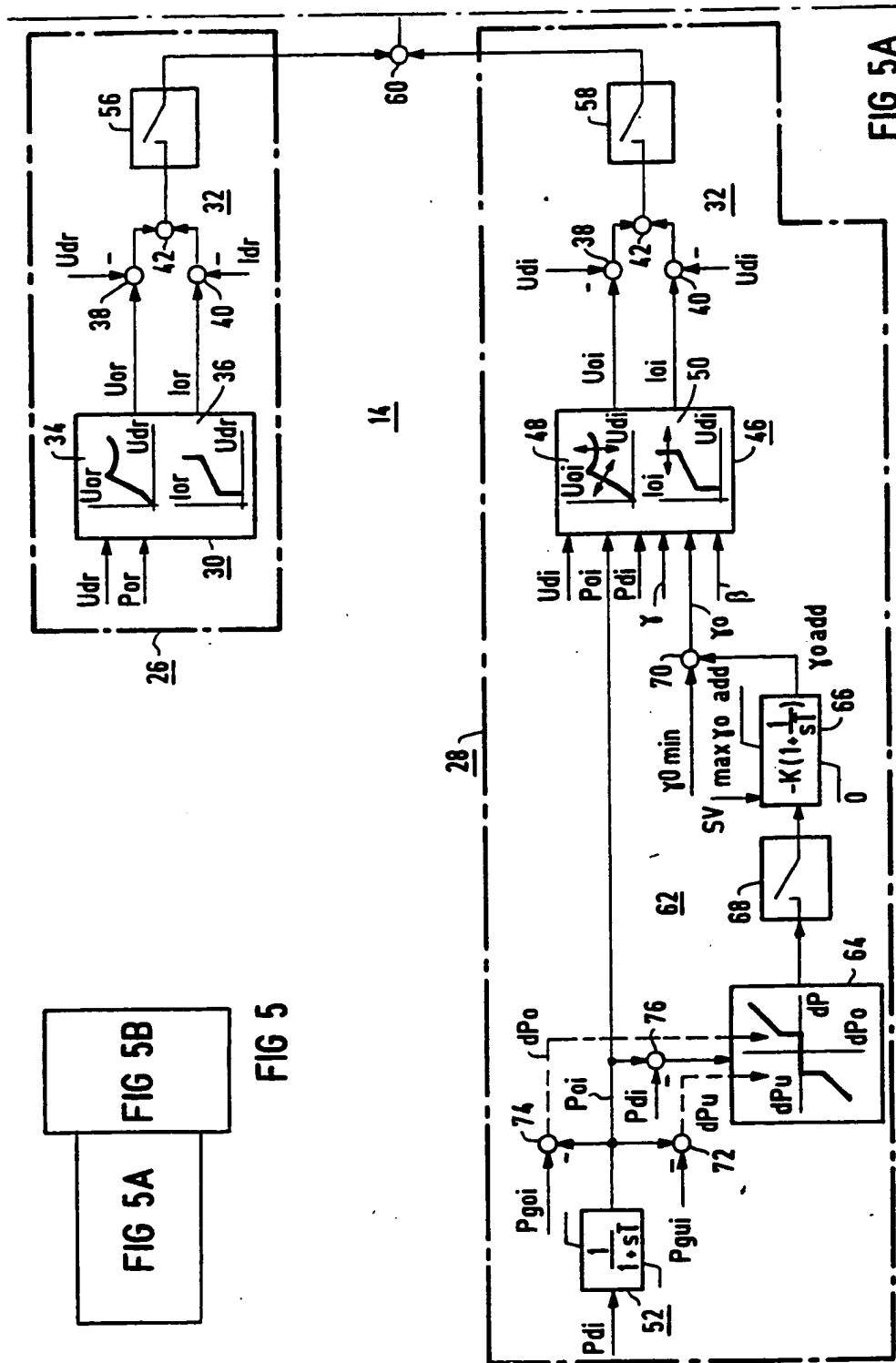


FIG 6



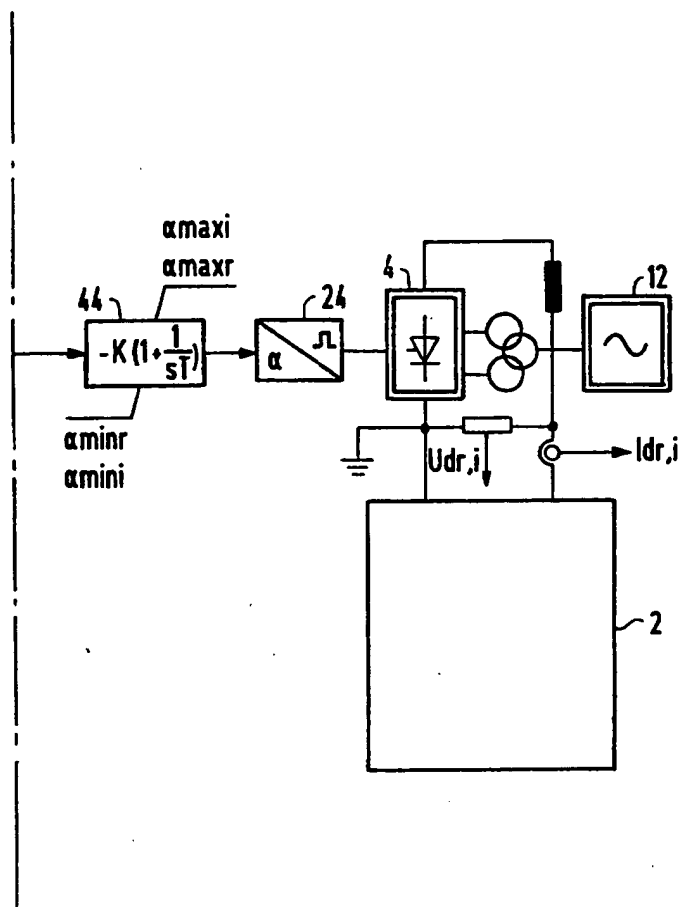


FIG 5B